

UPRAVLJANJE POKRETNOM PLATFORMOM POMOĆU MIKROKONTROLERA

Šumiga I.¹, Vrhovski Z.², Miletić M.²

¹Veleučilište u Varaždinu, Varaždin, Hrvatska

²Visoka tehnička škola u Bjelovaru, Bjelovar, Hrvatska

Sažetak: U ovom radu opisan je projekt pokretne platforme s radnim mehanizmom za košnju trave (kosilica). Iznesena je osnovna ideja za izradu pokretne platforme na temelju koje je razrađen prototipni model mehaničkih dijelova i definiran je skup početnih zahtjeva koje bi platforma trebala zadovoljavati ili koji čine rad s platformom s radnim mehanizmom za košnju (kosilicom) jednostavnijim. Upravljački modul prima podatke od drugih modula RS232 komunikacijskim protokolom. Na temelju primljenih podataka, izmjenog napona akumulatora, izmjerenih veličina struja i brzine okretanja pogonskih i radnog motora, upravlja i nadzire rad tih motora i u slučaju greške ili otkaza sustava alarmira druge module. Mjerenje brzine okretanja pogonskih motora izvedeno je uz pomoć optičkih enkodera. Integrirani H-most služi za upravljanje pogonskim motorima pulsno širinskom modulacijom i za mjerenje struje pogonskih motora. Opisano je upravljanje radnim motorom te je izmjerena njegova struja uz pomoć sklopa s relejom. Poseban modul služi za upravljanje radom platforme uz pomoć joysticka. Programiranje mikrokontrolera izvodi se programatorom bez da se izvadi iz sustava. Da se izbjegnu sudari pokretne platforme s objektima u okolini dodan je modul za mjerenje udaljenosti uz pomoć ultrazvuka. Za napajanje cijele elektronike na platformi služi prekidački izvor napajanja.

Ključne riječi: pokretna platforma, upravljanje, mikrokontroler, istosmjerni motor, enkoder, pulsno širinska modulacija, H-most, analogno-digitalna pretvorba, RS232 komunikacija, prekidačko napajanje, ultrazvučni daljinomjer, programator za programiranje u sustavu

Abstract: This paper describes the design of mobile platforms with a working mechanism for mowing grass (lawnmower). Based on the expressed basic idea for making the mobile platform, a prototypical model of mechanical parts was developed and the set of initial requirements that should be fulfilled or that make operating the platform with a working mechanism for mowing (mowers) easier were defined. The control module receives data from other modules by RS232 communication protocol. Based on information received, measured battery voltage, measured current values and the rotation speed of the drive and work motor, it

controls and supervises the operation of the motors, while in case of errors or system cancellation, it alarms other modules. Measuring the rotation speed of the drive motor is achieved by using optical encoders. Integrated H-bridge is used to control the drive motor pulse width modulation and to measure the current powertrains. The working motor management is described and its electricity with the relay circuit is measured. A special module is used to operate the platform with a joystick. The programming of microcontroller is performed without removing the microcontroller from the system. To avoid collisions of mobile platforms with objects in the region, a module was added for measuring the distance using ultrasound. Switching power supply is used to supply the entire electronics platform.

Key words: mobile platform, control, microcontroller, direct current motor, encoder, puls width modulation, H-bridge, analog-digital conversion, RS232 communication, switching supply, ultrasonic ranger, in-system programmer

1. UVOD

Pokretna platforma s radnim mehanizmom za košnju trave je stroj namijenjen da olakša košnju trave. S vrlo malim preinakama, može poslužiti i u druge svrhe. Naredbe prihvaća iz raznih izvora, npr. iz upravljačke palice. Ona obavlja zahtijevane operacije, a u slučaju pogreške ili otkaza sustava aktivira alarm. Cijelo vrijeme rada prati i zapisuje putanju na prijenosnu memorijsku karticu radi što lakše daljnje reprodukcije. Sustav je zamišljen kao otvoren, tako da se i novi moduli mogu postepeno prema mogućnostima implementirati u sustav pokretne platforme podižući njenu kvalitetu.

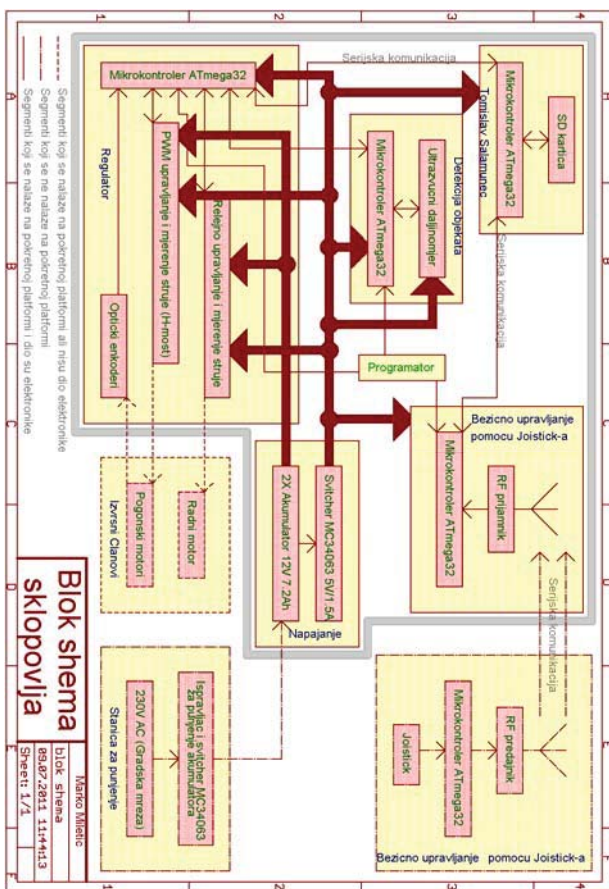
Specifikacijske karakteristike:

- maksimalna brzina kretanja: 4km/h
- maksimalna struja radnog motora: 5A
- maksimalna struja H-mosta (pogonski motori): 4A
- maksimalni broj okretaja u minuti pogonskih motora: 54 okr/min
- širina kosišta: 30cm
- radni napon (napon akumulatora): 12V-15V
- kapaciteti akumulatora: 2x7.2Ah

2. OPIS SKLOPOVLJA

2.1. Funkcionalni opis uređaja

Blok shema sklopovlja realizirane pokretne platforme prikazana je na slici 1. Ona sadrži segmente za napajanje električnom energijom, upravljanje platformom, kontrolu izvršnih članova platforme i komunikaciju između pojedinih segmenata sustava. Platforma se napaja iz dva akumulatora (12V) s kojima platforma može raditi nekoliko sati. Većina segmenata sustava pokretne platforme za rad koriste mikrokontrolere Atmelove AVR porodice.



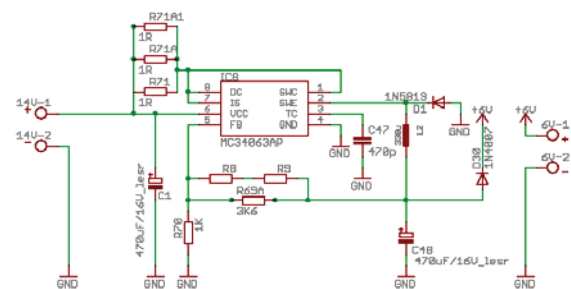
Slika 1. Blok shema sklopovlja

2.2. Napajanje

Akumulatori osiguravaju izvor energije za sve module sustava. Kapacitet akumulatora je 7.2Ah. Na platformi se koristi napon za napajanje motora 12V (direktno s akumulatora) i napon za napajanje upravljačke elektronike 5V (prekidački izvor napajanja koji neovisno o ulaznom naponu na svom izlazu drži 5V maksimalne struje 1.5A).

Prekidački izvor napajanja je odabran zato što se ne može strujno preopteretiti jer ima svoju zaštitu i nema disipacije energije kao na klasičnim stabilizatorima napona ili cener diodama. Električna shema napajanja prikazana je na slici 2. Maksimalni napon koji se smije dovesti na ulaz prekidačkog izvora je 40 V. Glavni dio

ovog sklopa je IC8 MC34063 koji regulira napon i struju u prekidačkom načinu rada. Elektrolitski kondenzatori na slici 2. C1 i C48 na ulazu i izlazu obavezno moraju biti s malim unutrašnjim otporom zbog relativno velikih struja i visokih frekvencija. Svitak L2 mora biti projektiran tako da može izdržati struje do 1.5A jer sva struja teče kroz njega. O kondenzatoru C47 ovisi na kojoj frekvenciji će raditi integrirani prekidački sklop. Dioda D30 čuva sklop od eventualnih grešaka koje bi se mogle dogoditi na ostalim sklopovima koji koriste ovo napajanje. Otpornici R71, R71A i R71A1 služe za limitiranje struje. U ovom slučaju, kada je njihov ukupni otpor jednak 0.33Ω , struja koja se može dobiti je 1.5A. Preostala četiri otpornika služe kao povratna veza na temelju koje IC8 na svom izlazu drži konstantnu vrijednost napona. Promjenom vrijednosti ovih otpornika mijenja se i izlazna vrijednost napona. Ovaj sklop može služiti i kao punjač akumulatora, ako se najveća struja namjesti na najveću struju kojom se može puniti akumulator (1/10 ukupnog kapaciteta akumulatora) i ako se namjesti maksimalni napon punjenja akumulatora (15V). Akumulator se u početku puni maksimalnom strujom, a do kraja se puni i održava napon od 15V. Ako se mjeri struju punjenja akumulatora, može se znati na koliko posto od ukupne vrijednosti kapaciteta je napunjen akumulator.



Slika 2. Električna shema napajanja

2.3. Programator

Programator je namijenjen za AVR porodicu Atmelovih mikrokontrolera. On omogućava programiranje mikrokontrolera bez vađenja iz sklopa. Na ovaj način se znatno ubrzava razvoj uređaja jer se na gotovom sklopovskom okruženju razvija samo program. Programator se sastoji od ATmega8 mikrokontrolera i nekoliko pasivnih komponenta. Za rad koristi program ugrađen u sklop i ne treba posebne kontrolere.

Osnovne karakteristike programatora:

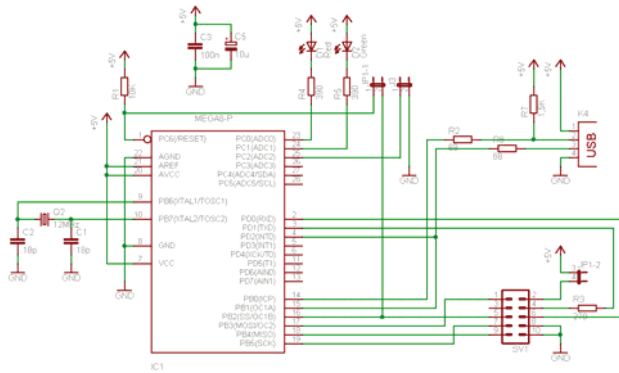
- radi u nekoliko okruženja: Linux, Mac OS X i Windows
- ne treba posebne kontrolere ili komponente za površinsku montažu
- brzina programiranja je 5kBytes/sec
- podržava mikrokontrolere s malom frekvencijom oscilatora ($< 1.5\text{MHz}$)

2.4. H-most

Ovaj modul sadrži sklopovlje za upravljanje pogonskim motorima i mjerenje struje pogonskih motora. Električna shema sklopa dana je na slici 4. Osnovni element je IC1 L298.

Osnovni priključci integriranog kruga L298:

- OUT 1, 2, 3, 4 - priključci motora
- SEN A,B - priključci senzorskog otpornika na kojem se mjeri struja

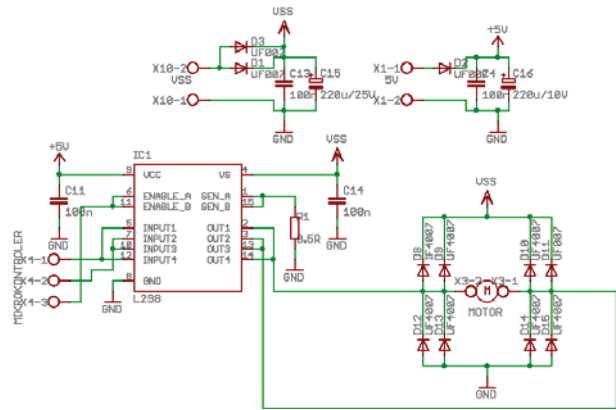


Slika 3. Električna shema programatora

- GND - negativna stezaljka
- +5V- logičko napajanje
- Vcc - napon napajanja motora (preporučuje se maksimalno 36V)
- ENABLE - pin za pulsno širinsku modulaciju
- IN 1,2,3,4 - određivanje smjera okretanja motora

Treba paziti da se ne prekorači struja koju može izdržati IC1, a to je 2A. Zbog induktivne prirode trošila, za zaštitu izlaznog stupnja se koriste antiparalelne diode. Preporuča se upotreba brzih dioda 2 do 4A (UF4007). Integrirani krug IC1 obavezno mora biti pričvršćen na hladnjak jer će u slučaju termičkog preopterećenja samo tako pravodobno reagirati termička zaštita ugrađena u čip. Prije učvršćivanja na hladnjak treba namazati površine prijanjanja termo pastom radi što boljeg provođenja topline. Za priključak napajanja i motora upotrijebljene su priključne stezaljke. Spajanje motora se mora pažljivo izvesti jer bi svaki eventualni kratki spoj mogao uništiti integrirani krug IC1.

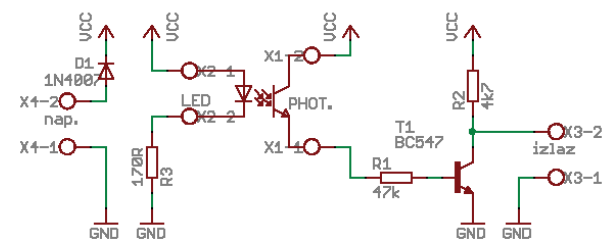
Napajanje ima predviđeno mjesto za diode radi zaštite od slučajnog okretanja polariteta napona. Na napajanje su stavljene kondenzatori C4, C11, C13, C14 od 100nF za filtriranje smetnji i kondenzatori C15 i C6 za izravnavanje eventualnih propada napona. Prilikom prvog puštanja u pogon, ako se motor vrti u krivom smjeru, problem će se riješiti tako da se zamjene priključci namota.



Slika 4. Električna shema H-mosta

2.5. Optički enkoder

Na vratilu elektromotora pričvršćena je okrugla pločica sa 36 jednoliko raspoređenih proreza po obodu. Na nosaču je montirana komponenta u kojoj se nalaze fototranzistor i LED dioda koja emitira svjetlost u infracrvenom valnom području. Rotacijom pločice svjetlost emitirana iz LED diode kroz proreze pobuđuje fototranzistor koji naizmjenično dovodi struju na bazu tranzistora T1 (slika 5.). Tako se na izlazu dobiva niz pravokutnih impulsa. Taj niz pravokutnih impulsa dovodi se na prekidne pinove mikrokontrolera i mjeri vrijeme između 2 impulsa. Na taj način može se znati brzina vrtnje kotača, a to je ujedno povratna veza o brzini kretanja platforme. Na napajanju ovog sklopa je predviđena dioda D1 koja čuva sklop od obrnutog spajanja napajanja. Ona se ne lemi na pločicu jer zahtijeva izvor napajanja s nešto višim naponom od 5V zbog pada napona na diodi. Otpornik R3 ograničava struju kroz infracrvenu diodu.



Slika 5. Električna shema optičkog enkodera

2.6. Ultrazvučni daljinomjer

Ultrazvučni mjerac udaljenosti do nekih objekata radi tako da pošalje signal i čeka da mu se vrati reflektirani signal, a za to vrijeme mjeri vrijeme. Znači da je udaljenost do nekog objekta razmjerna sa izmjerenim vremenom. Ovaj sklop (slika 6.) služi da se platforma ne bi sudarala s drugim objektima.

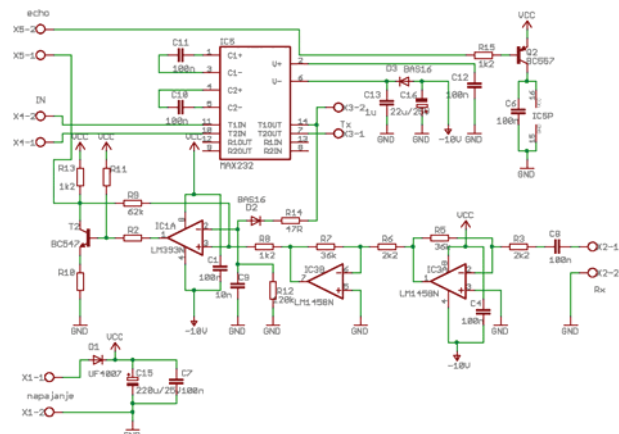
Predajna strana može biti jednostavno upravljana direktno s mikrokontrolera. Napajanje od 5V može detektirati samo velike objekte i može biti problem za detekciju malih objekata. Budući da predajnik može podnijeti 20V, napajanje treba podići što bliže tom iznosu. Integrirani krug IC5 MAX232 koji se koristi za

RS232 komunikaciju, može poslužiti za podizanje napona na oko 16V.

Prijamnik je klasičan krug sa dvostupanjskim operacijskim pojačalom. Ulazni kondenzator blokira istosmjerni signal koji se uvijek može pojaviti. Svaki stupanj ima pojačanje postavljeno na 24, tako da je ukupno pojačanje 576 puta. To je gotovo jednako maksimalnom pojačanju IC3 LM1458 koje pri 40kHz iznosi 25. Izlaz pojačala je spojen na IC1 LM393 komparator. Povratna veza osigurava histerezu koja daje stabilne vrijednosti signala na izlazu.

Kod ovog sklopa postoji problem mjerenja malih udaljenosti (1-2cm) jer bi prijamnik direktno pokupio signal s predajnika koji je odmah pokraj njega. Piezzo predajnik je mehanička komponenta koja nastavlja rezonirati još neko vrijeme nakon što mu se prestane slati signal. Zato je teško razlikovati direktno dobiveni signal od signala odjeka. Da bi se registrirao samo reflektirani signal potrebno je ostvariti kašnjenje prijema signala. Vremensku konstantu na shemi (slika 6.) definiraju R12 i C9. Negativni napon za napajanje operacijskog pojačala i komparatora je generiran s IC5 MAX232. On generira visokofrekventni šum i zbog toga ga treba gasiti kada se čeka reflektirani signal. Punjenje C16 (22uF) drži isključeno napajanje IC5 MAX232 tako dugo dok ne dođe do prijema odjeka.

Mikrokontroler generira 8 impulsa frekvencije 40kHz. Kada je odjek vod u jedinici, IC5 MAX232 je također isključen. Zbog gašenja MAX232 treba pričekati 10ms između mjerenja da se napon +/-10V stigne generirati. Maksimalni domet ovog ultrazvučnog daljinomjera je malo iznad 3m, a maksimalna potrošnja struje je manja od 50mA.

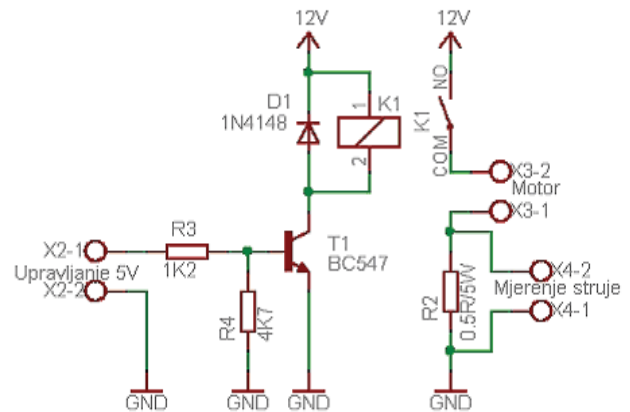


Slika 6. Električna shema ultrazvučnog daljinomjera

2.7. Relejno upravljanje

Ovaj sklop prikazan na električnoj shemi (slika 7.) služi za upravljanje radnim motorom i mjerenje njegove struje. Otpornik R4 služi za pritezanje baze tranzistora T1 u logičku „0“ sve dok se ne dovede na ulaz „upravljanje“ logička „1“. Tada provede tranzistor i poteče struja kroz zavojnicu releja K1 koji uključuje elektromotor. Zbog zaštite tranzistora, paralelno zavojnici releja treba spojiti diodu zato jer je zavojnica induktivno trošilo. Na otporniku snage R2 mjeri se pad napona koji uzrokuje struja koja teče kroz motor kada je relej u stanju vođenja

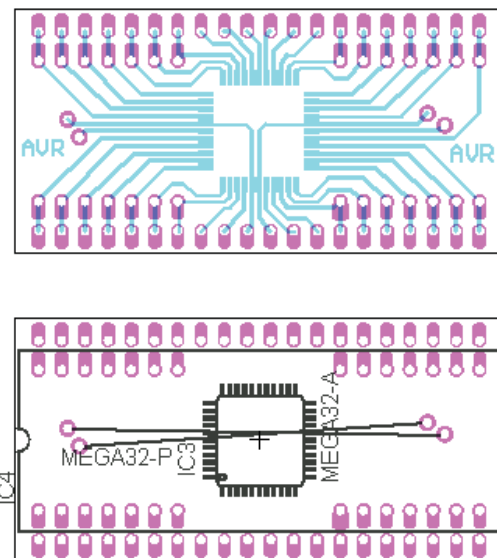
(kontakti zatvoreni). Otpornik snage mora biti minimalne snage 5W zbog velike struje i disipacije snage na njemu.



Slika 7. Električna shema relejnog upravljanja

2.8. Adapter za mikrokontroler

Ovaj adapter (slika 8.) služi tome da se u podnožje od mikrokontrolera koji ima standardne nožice može staviti mikrokontroler koji je namijenjen za površinsku montažu. Ovo je napravljeno zato jer je mikrokontroler u kućištu za površinsku montažu dosta jeftiniji od mikrokontrolera sa standardnim nožicama. Ovaj adapter služi samo za mikrokontrolere ATmega16 i ATmega32.

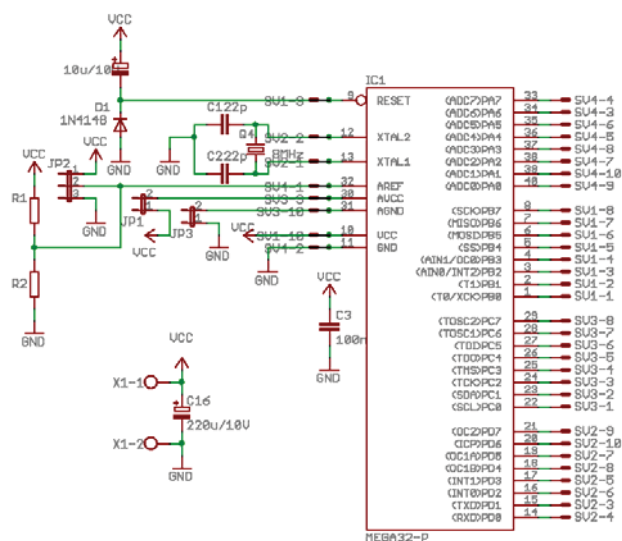


Slika 8. a) Raspored vodova
b) Montažna shema adaptera

2.9. Modul za upravljanje motorima

Modul za upravljanje motorima sadrži sklopovlje za upravljanje pogonskih motora i radnog mehanizma. Spojen je na komunikacijsku sabirnicu preko koje mu ostali moduli šalju podatke za upravljanje motora. Na tu sabirnicu se spajaju svi mikrokontrolerski moduli i komuniciraju serijski po RS232 protokolu. Komunikacija ima i semafor liniju koja služi za detekciju zauzetosti

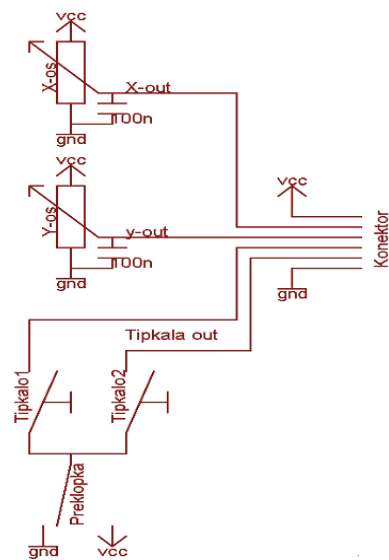
komunikacijskih linija. Modul za upravljanje motorima prima samo upravljačke podatke s modula prijenosne kartice. Podatak koji je namijenjen upravljanju pogonskih motora preračunava se u smjer i u pulsno širinsku modulaciju pomoću koje se kontrolira snaga pogonskih motora. Kao povratna informacija o stvarnom broju okretaja pogonskih motora se koriste optički enkoderni koji su učvršćeni na kotače. Za pogon se koriste stražnji kotači. Sklopovlje za upravljanje radnim motorom je jednostavnije jer obavlja samo uključivanja i isključivanja. U slučaju zaglavljenja bilo kojeg motora, mikrokontroler šalje alarm da je struja dotičnog motora prevelika. Mjerenje struje se koristi da bi se zaštitila kompletna elektronika, akumulator i motor. Upravljački modul mjeri i napunjenost akumulatora ili mjeri pad napona na otporniku snage. Napunjenost akumulatora upravljački modul šalje samo na zahtjev drugih modula. Kada napon padne ispod dopuštenog, mikrokontroler će poslati alarm modulu prijenosne memorijske kartice. Jezgra uređaja je ATmega32 koji ima 32kb flash memorije. Ovaj mikrokontroler se može zamijeniti i s ATmega16 mikrokontrolerom čiji je pin kompatibilan s korištenim mikrokontrolerom, ali ima upola manje flash memorije. U ovoj aplikaciji mikrokontroleri rade s taktom 1MHz. Za resetiranje sklopa kod uključivanja upotrijebljen je kondenzator 10 μ F. Mikrokontroler treba biti u podnožju jer će se možda jednom mijenjati novijom verzijom. Na priključnicu X1 dovodi se napajanje 5V. Na napajanje je stavljen blok kondenzator C3 100nF za filtriranje smetnji i elektrolitski kondenzator koji služi kao spremnik energije da izravna eventualne propade napona. Svi pinovi mikrokontrolera su izvedeni na 10-pinske konektore u koje se utiču konektori sa savitljivim kablovima radi što lakšeg povezivanja ostalih modula i perifernih pločica. Na pločici je ostavljena i mogućnost spajanja eksternog oscilatora od kvarcnog kristala X4 frekvencije 8Mhz. Ova mogućnost je ostavljena zbog toga jer je maksimalna radna frekvencija mikrokontrolera 8 MHz, a eksterni oscilatori su puno točniji od internih. Mogu se dovesti i razni kombinacije napona za naponske reference za analogno-digitalni pretvarač.



Slika 9. Električna shema glavne pločice

2.10. Upravljanje uz pomoć upravljačke palice

Analogna upravljačka palica šalje naredbe za upravljanje platforme putem radiopredajnika koji radi na 433MHz. Poslani podatak predajnik amplitudnom modulacijom modulira na val nosilac čija je frekvencija 433Mhz. Prijamnik prima taj podatak, filtrira ga, odstranjuje taj val nosilac i na kraju ostaje samo čisti signal. Domet radio modula je do 50m. Pomoću upravljačke palice se može uključivati i isključivati platformu, uključivati i isključivati radni motor i upravljati brzinom i smjerom kretanja platforme. Platforma radi sve dok je pritisnuta tipka za uključenost na upravljačkoj palici. Kada se otpusti ta tipka, kosilica prestaje raditi. Ako se platforma počne nekontrolirano ponašati ili ako radni mehanizam zahvati nešto što ne bi smio, čovjek koji upravlja upravljačkom palicom automatski pušta upravljačku palicu i automatski se isključuje cijela platforma. Druga tipka služi za uključivanje i isključivanje radnog mehanizma, dok se pomicanjem palice zadaje smjer kretanja platforme. Upravljačka palica se sastoji od dva potenciometra koji se pomiču kako se pomiče palica. Na krajnje pinove je spojeno napajanje, tako da srednji pin klizi od minimalnog (0V) do maksimalnog potencijala (5V). Znači da je dovoljno samo dovesti signal s tih potenciometara na analogne ulaze mikrokontrolera i mjeriti njihov napon i odmah će se znati točan položaj palice. I na te vodove treba spojiti blok kondenzatore od 100nF prema masi da filtriraju smetnje inducirane u vodovima budući da su motori jak izvor elektromagnetskih smetnji.



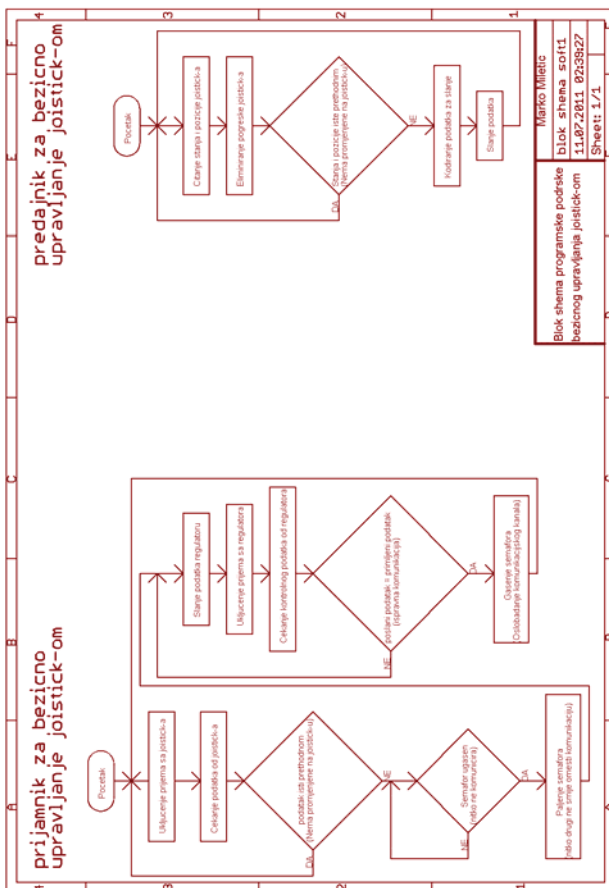
Slika 10. Unutarnja električna shema upravljačke palice

3. PROGRAMSKA PODRŠKA

Dijagram toka programa predajnika za bežično upravljanje upravljačkom palicom vidi se na slici 11. Prvo se čitaju stanja tipkala na upravljačkoj palici i pozicija u kojoj se ona nalazi. Zatim se eliminira greška osciliranja pročitane analogne vrijednosti. Ako su stanja tipkala na upravljačkoj palici i njena pozicija ostali

nepromijenjeni, onda se ponovno čitaju stanja tipkala i pozicije upravljačke palice sve dok se stanja ili pozicija ne promijene. Kada se dogodi neka promjena na upravljačkoj palici, onda se očitani podaci s upravljačke palice kodiraju i šalju prijammiku.

Dijagram toka programa prijammika za bežično upravljanje upravljačkom palicom vidi se na slici 11. Najprije se uključi prijem s predajnika i čeka se podatak. Kada on stigne, povjerava se je li podatak isti kao prethodno primljen. Ako je podatak isti, opet se čeka novi podatak, a ako nije isti, onda se čeka isključenje semafora, tj. da se oslobode komunikacijske linije. Kada se komunikacijske linije oslobode, uključuje se semafor i šalju se podaci regulatoru. Nakon toga se uključuje prijem s regulatora i čeka se da regulator pošalje nazad primljeni podatak. Ako je primljeni podatak identičan poslanom, gasi se semafor, tj. oslobađaju se komunikacijske linije, a ako primljeni podatak nije identičan poslanom, onda se ponovno šalje podatak sve dok se od regulatora ne dobije identičan podatak onome koji mu je poslan.



Slika 11. Dijagram toka programa bežičnog upravljanja upravljačkom palicom

4. ZAKLJUČAK

Primjena ostvarene pokretne platforme može biti raznovrsna. Umjesto radnog mehanizma za košnju trave može se montirati neki drugi radni mehanizam. Uz promjenu programa ovaj upravljački uređaj može obavljati različite poslove: usisavanje, razminiranje, gašenje opasnih požara i dr. Iako je realizirana pokretna platforma u praksi pokazala da može ispuniti definirane zahtjeve, ostaje otvorena za daljnja poboljšanja, naročito u konstrukcijskom i programskom dijelu. U sljedećoj verziji bi trebalo staviti preciznije enkodere s većim brojem zazora i motore s manjim prijenosnim omjerom. Tako bi se osjetilo kada se kosilica počne vrtjeti u prazno (kotač ubrzano vrti) ili kada kosilica negdje zapne (kotač uspori vrtnju). Na prednje kotače također se mogu postaviti enkodere da bi informacije o kretanju bile točnije. Trebalo bi napraviti i baznu stanicu za punjenje na koju bi se platforma sama došla napuniti kada je akumulator prazan.

5. LITERATURA

- [1] Biljanović P.: Elektronički sklopovi, Školska knjiga, Zagreb, 1989.
 [2] Paunović S.: Elektronički sklopovi, Element, Zagreb, 2006.
 [3] http://en.wikipedia.org/wiki/Lawn_mower, lipanj 2011.

Kontakt:

mr.sc. Ivan Šumiga, dipl.ing.
 Veleučilište Varaždin
 J.Križanića bb
 42000 Varaždin

mail:

ivan.sumiga@velv.hr